

CENTRO DE FORMAÇÃO DE ENTRE HOMEM E CÁVADO

"Trabalho prático na perspectiva nos Novos Programas de Física-Química, Matemática e Biologia. Uma abordagem à experimentação usando sensores"



Formandos:

Edite Raquel Araújo e Silva Machado Magalhães

Elvira da Assunção de Sousa Festa Mendes

Maria Albertina Afonso

Miguel Ângelo Freitas Coelho

Formadores: Abel Eça e Fernanda Neri

Amares, Maio de 2006

DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE VISCOSIDADE DE UM LÍQUIDO, UTILIZANDO A MÁQUINA DE ATWOOD

- 1 - Objectivo do trabalho
- 2 - Introdução teórica
- 3 - Material necessário
- 4 - Protocolo experimental
- 5 - Registo de dados e observações
- 6 - Análise dos resultados
- 7 - Questionário

1- Objectivos do trabalho

Com esta actividade experimental pretende-se determinar o coeficiente de viscosidade de um líquido (glicerina) a partir da velocidade terminal de um corpo em queda no seu interior, utilizando a Máquina de Atwood. Os objectivos da mesma são:

- identificar as forças que actuam num corpo que cai, sob a acção da gravidade, no interior de um fluido viscoso e aplicar a Segunda Lei de Newton;
- medir massas volúmicas;
- determinar a velocidade terminal de um corpo que cai no seio de um fluido viscoso;
- determinar o coeficiente de viscosidade de um líquido;
- identificar movimentos (rectilíneo variado e uniforme);
- aplicar conhecimentos adquiridos no estudo do Cálculo Diferencial;
- definir uma função por ramos.

2- Introdução teórica

A viscosidade de líquidos é uma propriedade que os pode tornar mais ou menos indicados para determinados fins.

A viscosidade é uma medida da resistência interna oferecida pelo líquido ao acto de fluir, resultando das forças de atrito interno entre diferentes camadas do líquido que se movem com velocidades relativas diferentes.

A força de resistência ao movimento é proporcional e oposta à velocidade:

$$\vec{F}_R = - k \eta \vec{v}$$

Nesta expressão, k depende da forma do corpo, sendo para uma esfera de raio r , $k=6\pi r$ e η é o coeficiente de viscosidade dinâmica do fluido (exprime-se em Kg/m.s).

Esta expressão é válida quando o corpo cai numa extensão elevada de fluido e o escoamento do líquido é feito em regime estacionário. O corpo tem de cair numa coluna de líquido de raio bem superior ao seu raio.

Quando a esfera é largada, em queda livre, desce com movimento uniformemente acelerado; ao entrar no líquido tem movimento retardado, dado o aumento da força de resistência que, sendo oposta ao movimento da esfera, contribui para uma diminuição cada vez maior da aceleração e, a partir de um determinado instante, passa a ter movimento uniforme.

A esfera fica sujeita a uma força vertical, dirigida de baixo para cima, impulsão, que se mantém constante durante a descida. Após ter percorrido alguma distância no interior do líquido, a resultante das forças anula-se e a velocidade terminal (velocidade constante) é atingida.

As forças que actuam na esfera são o peso, a força de resistência ao movimento e a impulsão.

$$\begin{aligned}\sum \vec{F}_{ext} &= \vec{0} \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow \vec{I} + \vec{F}_R + \vec{P} &= \vec{0} \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow I + F_R &= P\end{aligned}$$

Se nestas expressões substituirmos pela equação de definição das mesmas e atendendo a que o volume da esfera é calculado por:

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3$$

Obtemos:

$$\rho_{liquido} \times \frac{4}{3} \pi r^3 g + 6\pi\eta v_t = \rho_{esfera} \frac{4}{3} \pi r^3 g$$

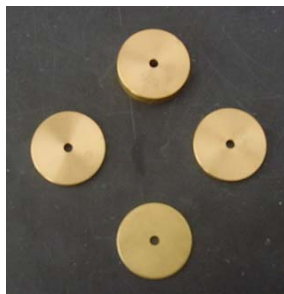
$$v_t = \frac{2(\rho_e - \rho_l)g}{9\eta} r^2$$

Esta última expressão permite calcular a velocidade terminal, utilizando um sensor e a partir desta, o coeficiente de viscosidade η do líquido, através da expressão $\eta = \frac{2(\rho_e - \rho_l)g}{9v_t} r^2$ conhecidas as massas volúmicas do material de que é feita a esfera e do líquido, bem como o raio da esfera utilizada.

O declive da recta é determinado pela função $v_t = f(r^2)$ permite calcular o coeficiente de viscosidade.

3- Material necessário

- suporte universal
- fio inextensível
- roldana com fotossensor
- massas marcadas de 20 g e 10 g
- máquina de calcular
- CBL2
- fio de ligação
- proveta de 1 litro com glicerina até ao traço de referência
- esfera de aço
- craveira
- balança semi-analítica
- termómetro



4- Protocolo experimental

- Medir o diâmetro da esfera com a craveira e calcular o respectivo volume;
- Determinar a massa volúmica do material de que é feita a esfera:

$$\rho = m_{\text{esfera}} / V_{\text{esfera}}$$

- Determinar a massa volúmica do líquido, medindo um certo volume e calculando a respectiva massa. Ter em atenção que a glicerina é muito higroscópica;
- Encher a proveta com glicerina, evitando as bolhas de ar. Medir a temperatura, pois a viscosidade é variável com a temperatura;
- Realizar a montagem experimental da figura 1, pendurando de um lado na extremidade do fio as massas marcadas (40 g), do outro lado a esfera e passando o fio pela gola da roldana. Nivelar a roldana e fixar o suporte para que o sistema não oscile durante a queda;



Figura 1

- Ligar a roldana à máquina de calcular, esta ao CBL e procedendo da seguinte forma:
 1. Montar os instrumentos da máquina de Atwood tal como se mostra na Figura 1. Assegurar-se de que as massas marcadas se podem mover no mínimo 40 cm antes que a esfera mais toque a proveta (assegurar-se de que a esfera se encontra no centro da mesma);

2. Conectar o Photogate à entrada DIG/SONIC 1 do LabPro ou DIG/SONIC no CBL 2. Usar o cabo preto de ligação para conectar a interface à calculadora gráfica TI. Pressionar firmemente nas extremidades do cabo;
3. Ligar a calculadora e iniciar o programa DATAGATE. Pressionar CLEAR para restaurar o programa;
4. Ajustar a calculadora para a cronometragem da roldana:
 - a. Seleccionar SETUP no ecrã principal.
 - b. Seleccionar MOTION no ecrã PHOTOGATE SETUP.
 - c. Seleccionar SMART PULLEY no ecrã SELECT DEVICE.
 - d. Seleccionar 10 SPOKES ou 3 SPOKES, dependendo do número de dentes da roldana.
 - e. Logo que a corda esteja na superfície interna da roldana, seleccionar INSIDE de PULLEY DIAMETER.
 - f. Entrar "2" como sendo a estimativa do número de voltas da roldana. Terminar isto, e todas as entradas numéricas, com ENTER. As massas devem cair suficientemente afastadas para fazer a roldana girar duas vezes ou a interface não terminará a recolha de dados.
 - g. Seleccionar OK para aceitar os ajustes que fez.
5. Colocar a esfera 5 cm acima da superfície da glicerina. Fixar a massa e a esfera de modo a que não balancem. Seleccionar START para preparar o Photogate. Após a emissão de estalidos pela interface, libertar a esfera para que se desloque dentro do líquido.
6. Pressionar para seleccionar VELOCITY e pressionar ENTER para ver o gráfico da velocidade.
7. Ajustar uma linha recta ao gráfico da velocidade *vs.* tempo.
 - a. Pressionar ENTER e seleccionar RETURN TO MAIN SCREEN.
 - b. Seleccionar ANALYZE no ecrã principal.
 - c. Seleccionar CURVE FIT no ANALYZE MENU.
 - d. Seleccionar LINEAR (VELOCITY VS TIME) para ajustar uma linha recta aos dados da velocidade.
 - e. Registrar o declive da linha ajustada (a aceleração) na sua tabela de dados.
 - f. Pressionar ENTER para ver a linha ajustada juntamente com os dados da velocidade.
 - g. Pressionar ENTER e seleccionar RETURN TO ANALYZE MENU.
 - h. Seleccionar RETURN TO MAIN SCREEN para se preparar para mais uma recolha de dados.
- 8-Repetir este procedimento, pelo menos três vezes.



5- Registo de dados e observações

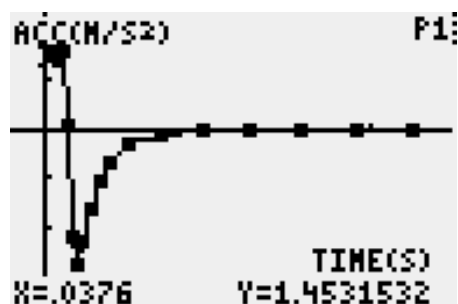
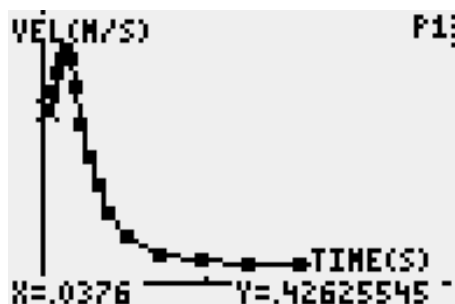
O coeficiente de viscosidade pode ser determinado sem a máquina de Atwood. Contudo, o tempo de queda da esfera é tão pequeno que se torna difícil medi-lo com rigor.

A esfera deve ser lançada de uma altura de cerca de 5 cm acima da superfície do líquido.

A título de exemplo apresentamos os seguintes resultados:

L1	L2	L3	3
.0465	.015	.33177	
.0858	.03	.40855	
.1205	.045	.45613	
.1519	.06	.48403	
.1825	.075	.46756	
.2164	.09	.40181	
.2592	.105	.30973	
.2592	.105	.30973	
.3184	.12	.21933	
.4077	.135	.14056	
.5771	.15	.07341	
.9587	.165	.03438	
1.5083	.18	.02735	
2.0555	.195	.02443	
2.0555	.195	.02695	
2.6223	.21	.02639	
3.1921	.225	.0263	
3.7629	.24	.02561	
4.3654	.255	.02516	
4.9555	.27	.02511	

L1- espaço; L2- tempo; L3- velocidade



6- Análise dos resultados

1- Determine os valores das massas volúmicas da glicerina e do aço da esfera utilizada.

Massa volúmica da glicerina, determinada à temperatura de ____°C

Massa (g)	Volume (cm ³)	Massa volúmica ρ (g/ cm ³)

Massa volúmica da esfera, determinada à temperatura de ____°C

Massa (g)	Volume (cm ³)	Massa volúmica ρ (g/ cm ³)

2- Determine o valor da velocidade terminal a partir da expressão deduzida com base na segunda Lei de Newton.

3- Trace o gráfico que lineariza a relação entre o valor da velocidade terminal e o raio das esferas e determine, por regressão linear, a equação da recta de ajuste.

4- Determine o valor do coeficiente de viscosidade e compare-o com o determinado pelos outros grupos.

5- Compare o valor obtido com coeficientes de viscosidade de outros óleos e fundamente a sua escolha para as funções em que cada fluido é normalmente utilizado.

6- Indique possíveis causas de erros experimentais.

7- Elabore o relatório escrito do trabalho que realizou.

Neste relatório deve constar:

- o objectivo do trabalho;
- o material e equipamentos utilizados;
- o procedimento experimental;
- os registos efectuados (em tabelas);
- os gráficos e sua interpretação;
- o cálculo da massa volúmica da esfera e da glicerina;
- o cálculo do coeficiente de viscosidade da glicerina;
- a análise dos resultados obtidos e sua confrontação com previsões teóricas;
- possíveis causas de erros experimentais;
- resposta às questões-problema colocadas inicialmente;
- bibliografia.

7- Questionário

- 1- Como se poderá determinar a velocidade terminal de um corpo que cai no seio de um fluido viscoso?
- 2- Como se pode determinar o coeficiente de viscosidade de um fluido a partir do conhecimento da velocidade terminal de um corpo em queda no seio desse fluido?
- 3- Quais são as forças que actuam na esfera que cai no interior da glicerina?
- 4- Vê algum interesse na utilização da máquina de Atwood nesta actividade?
- 5- De que tipo (s) de movimento(s) está animada a esfera, desde o instante em que é largada, até ao instante imediatamente anterior a atingir o fundo da proveta?
- 6- Por aplicação da Segunda Lei de Newton, indique as equações do movimento da esfera:
 - 6.1- em queda livre;
 - 6.2- quando entra no interior da glicerina;
 - 6.3- quando a velocidade é constante.
- 7- Qual é a Expressão que permite calcular o valor da força impulsão exercida pelo líquido sobre a esfera.
- 8- Qual é a expressão que permite calcular o valor da resultante das forças de viscosidade, para o caso do movimento de uma esfera?

- 9- Através dos gráficos obtidos com a calculadora e dos conhecimentos adquiridos nas aulas de matemática, compare a função que traduz a aceleração da esfera com a função que traduz a velocidade da esfera.
Numa pequena composição matemática, diga em que medida os dois gráficos confirmam os resultados esperados.

- 10- Usando as potencialidades da calculadora gráfica procure obter uma expressão analítica para a função que traduz o movimento da esfera e esboce o gráfico.

Sugestão: Comece por determinar o instante onde a função muda de ramo. Para encontrar parte da expressão analítica ser-lhe-á útil o seguinte procedimento:

- a) No MODE MOTION prima ENTER (para ver o gráfico distância vs. tempo)
- b) Prima 1 [Returne to main screen]
- c) Seleccione ANALIZE

